



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STAVEBNÍ**

FACULTY OF CIVIL ENGINEERING

**ÚSTAV BETONOVÝCH A ZDĚNÝCH KONSTRUKCÍ**

INSTITUTE OF CONCRETE AND MASONRY STRUCTURES

**NÁVRH MOSTU O JEDNOM POLI PŘES MÍSTNÍ  
POTOK**

DESIGN OF A ONE-SPAN BRIDGE OVER A LOCAL BROOK

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

BACHELOR'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Ľuboš Haluška**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**Ing. RADIM NEČAS, Ph.D.**

**BRNO 2017**



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ FAKULTA STAVEBNÍ

Studijní program	B3607 Stavební inženýrství
Typ studijního programu	Bakalářský studijní program s prezenční formou studia
Studijní obor	3647R013 Konstrukce a dopravní stavby
Pracoviště	Ústav betonových a zděných konstrukcí

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student	Ľuboš Haluška
Název	Návrh mostu o jednom poli přes místní potok
Vedoucí práce	Ing. Radim Nečas, Ph.D.
Datum zadání	30. 11. 2016
Datum odevzdání	26. 5. 2017

V Brně dne 30. 11. 2016

---

prof. RNDr. Ing. Petr Štěpánek, CSc.  
Vedoucí ústavu

---

prof. Ing. Rostislav Drochytka, CSc.,  
MBA  
Děkan Fakulty stavební VUT

## PODKLADY A LITERATURA

Podklady:

Situace, příčný a podélný řez, geotechnické poměry

Základní normy:

ČSN 736201: Projektování mostních objektů

ČSN 73 6214: Navrhování betonových mostních konstrukcí

ČSN EN 1990 včetně změny A1: Zásady navrhování konstrukcí

ČSN EN 1991-2: Zatížení mostů dopravou

ČSN EN 1992-1-1: Navrhování betonových konstrukcí. Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

ČSN EN 1992-2: Betonové mosty - Navrhování a konstrukční zásady

Literatura: na základě doporučení vedoucím práce

## ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ

Z předběžného návrhu možných typů mostních konstrukcí preferujte trémovou nebo deskovou monolitickou konstrukci o jednom poli z předpjatého betonu.

V práci zpracujte dvě až tři studie mostu včetně jejich zhodnocení. Most můžete navrhnout kolmý.

Dimenzování proveďte podle EN v rozsahu stanoveném vedoucím práce.

Ostatní úpravy provádějte podle pokynů vedoucího práce.

Požadované výstupy:

Textová část (obsahuje zprávu a ostatní náležitosti podle níže uvedených směrnic)

Přílohy textové části:

P1. Podklady, studie a vizualizace

P2. Přehledné a podrobné výkresy zvoleného návrhu mostu

P3. Statický výpočet (v rozsahu určeném vedoucím práce)

Prohlášení o shodě listinné a elektronické formy VŠKP (1x).

Popisný soubor závěrečné práce (1x).

Bakalářská práce bude odevzdána v listinné a elektronické formě a pro ÚBZK 1x na CD.

## STRUKTURA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

VŠKP vypracujte a rozčleňte podle dále uvedené struktury:

1. Textová část VŠKP zpracovaná podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (povinná součást VŠKP).

2. Přílohy textové části VŠKP zpracované podle Směrnice rektora "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací" a Směrnice děkana "Úprava, odevzdávání, zveřejňování a uchovávání vysokoškolských kvalifikačních prací na FAST VUT" (nepovinná součást VŠKP v případě, že přílohy nejsou součástí textové části VŠKP, ale textovou část doplňují).

---

Ing. Radim Nečas, Ph.D.

Vedoucí bakalářské práce

## **ABSTRAKT**

Cieľom tejto bakalárskej práce je návrh mostu o jednom poli cez miestny potok. Boli vypracované dva varianty premostenia. Pre posúdenie bol vybraný variant predpätého parapetného mostu o jednom poli s dolnou mostovkou. Výpočet účinkov zaťaženia bol prevedený v programe Scia Engineer. Nosná konštrukcia bola posúdená na medzný stav použiteľnosti a únosnosti podľa európskych noriem. Fázy výstavby konštrukcie neboli uvažované.

## **KLÚČOVÉ SLOVÁ**

Predpätý betón, železničný most, jedno pole, mostná konštrukcia, trámový most, straty predpätia, medzný stav použiteľnosti, medzný stav únosnosti

## **ABSTRACT**

The aim of this thesis is the design and analysis of a one-span bridge over a local brook. Two variants were designed. The variant of one-span prestressed beam bridge with lower bridge deck was chosen for analysis. The calculation of load effect was made in software Scia Engineer. The supporting structure is assessed for the ultimate limit state and the serviceability limit state according to the European standards. The time dependent analysis is not treated in this thesis.

## **KEYWORDS**

Prestressed Concrete, Railway Bridge, One-span Bridge, Bridge Construction, Beam Bridge, Losses of Prestress, Ultimate Limit State, Serviceability Limit State

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITÁCIA VŠKP**

Ľuboš Haluška *Návrh mostu o jednom poli přes místní potok*. Brno, 2017. 27 s., 57 s. příl. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta stavební, Ústav betonových a zděných konstrukcí. Vedoucí práce Ing. Radim Nečas, Ph.D.

## **PREHLÁSENIE**

Prehlasujem, že som bakalársku prácu spracoval samostatne a že som uviedol všetky použité informačné zdroje.

V Brne dňa 26. 5. 2017

---

Ľuboš Haluška  
autor práce

## **POĎAKOVANIE**

Chcel by som poďakovať vedúcemu bakalárskej práce, pánovi Ing. Radimovi Nečasovi Ph.D. za trpezlivosť, vecné pripomienky a cenné rady počas spracovania tejto práce.

Zároveň ďakujem kamarátom a spolužiakom za ich nezištnú pomoc počas štúdia a v neposlednom rade celej rodine za ich toleranciu a podporu.

# Obsah

1	Úvod .....	10
2	Varianty .....	11
2.1	Variant 1 .....	11
2.2	Variant 2 .....	12
2.3	Výber variantu .....	13
3	Materiál .....	13
3.1	Betón .....	13
3.2	Betonárska výstuž .....	13
3.3	Predpínacia výstuž .....	13
4	Prutový model .....	14
4.1	Zaťaženie .....	14
4.1.1	ZS1 – Vlastná tiaž .....	14
4.1.2	ZS2 – Ostatné stále .....	14
4.1.3	ZS3 – Zaťaženie dopravou .....	14
4.2	Kombinácie .....	15
4.3	Posúdenie hlavného nosníku .....	16
4.4	Zmeny predpätia .....	16
4.4.1	Krátkodobé straty .....	16
4.4.2	Dlhodobé straty .....	17
4.5	Medzný stav použiteľnosti .....	17
4.5.1	Obmedzenie napätia v betóne .....	17
4.6	Medzný stav únosnosti .....	18
5	2D model .....	19
5.1	Zaťaženie .....	20
5.1.1	ZS1 – vlastná tiaž .....	20
5.1.2	ZS2 – ostatné stále .....	20
5.1.3	ZS3 – Zaťaženie dopravou .....	20
5.2	Dosková mostovka .....	21
5.2.1	Medzný stav únosnosti .....	22
5.3	Krajný priečny nosník .....	24
5.3.1	Medzný stav únosnosti .....	24



6	Záver.....	25
7	Zoznam použitých zdrojov .....	26
8	Zoznam príloh .....	27

## 1 Úvod

Cieľom tejto bakalárskej práce je návrh a statické posúdenie železničného predpätého mostu o jednom poli cez miestny potok. Most prekleňuje potok Geradza v obci Brodzany na trase Partizánske – Topolčany. Keďže nebola zadaná presná poloha mostu, bola pre zjednodušenie trasa zvolená. Pre návrh a výpočet statického posúdenia budú vypracované dva varianty premostenia z ktorých bola vybraná prvá variant. Šírkové usporiadanie mostu je navrhnuté na základe prejazdného profilu Z-GC pre dopravné koľaje pojazdené vlakmi pre prepravu cestujúcich podľa normy ČSN 73 6201 pri návrhovej rýchlosti do 120 km/h. Na vytvorenie statického modelu a výpočet vnútorných síl bude použitý program Scia Engineer 2016 16.1.

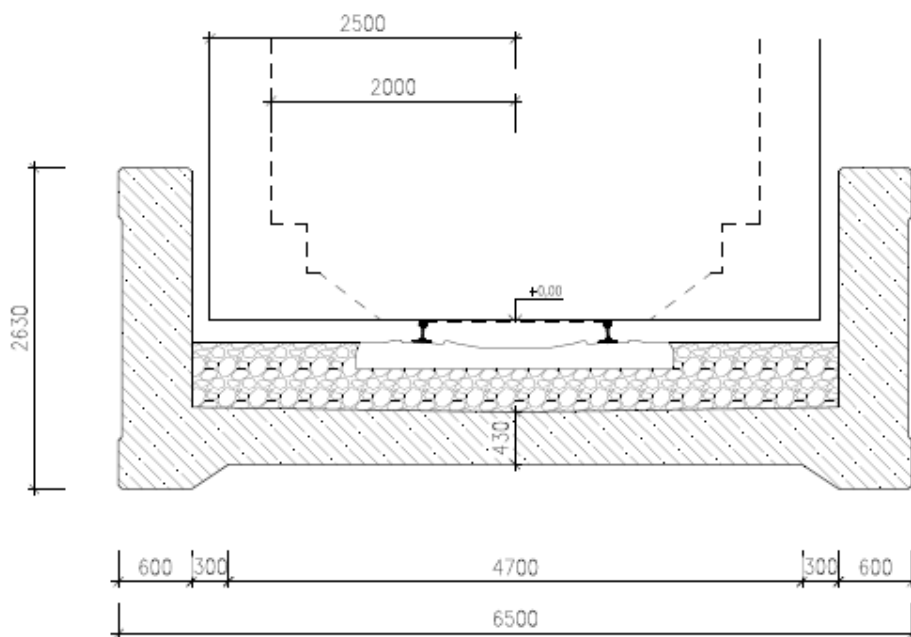
## 2 Varianty

### 2.1 Variant 1

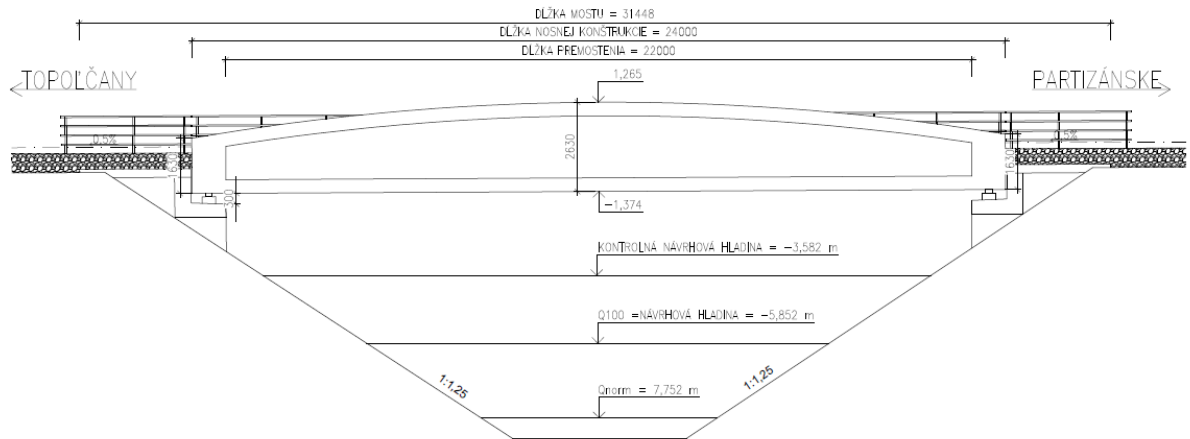
Prvým variantom je jednopolová betónová dvojtrámová doska kde sú trámy umiestnené na okrajoch dosky a tým tvoria parapet. Pozdĺžne hlavné nosníky majú premenlivú výšku s parabolickým priebehom od 1,63 m do 2,63m a sú dodatočne predopnuté. Nad podporami sú navrhnuté priečné nadpodporové nosníky. Mostovka je tvorená železobetónovou doskou o hrúbke 0,43m.

Dĺžka nosnej konštrukcie je 24,0m a dĺžka premostenia je 22,0m. Priečna vzdialenosť vonkajších lícov trámu je 6,5m a vnútorných je 5,3m.

Výkres tohto variantu je v prílohe P1 – PODKLADY A VARIANTY – P1-1  
VARIANT 1



*Priečny rez v ½ L*



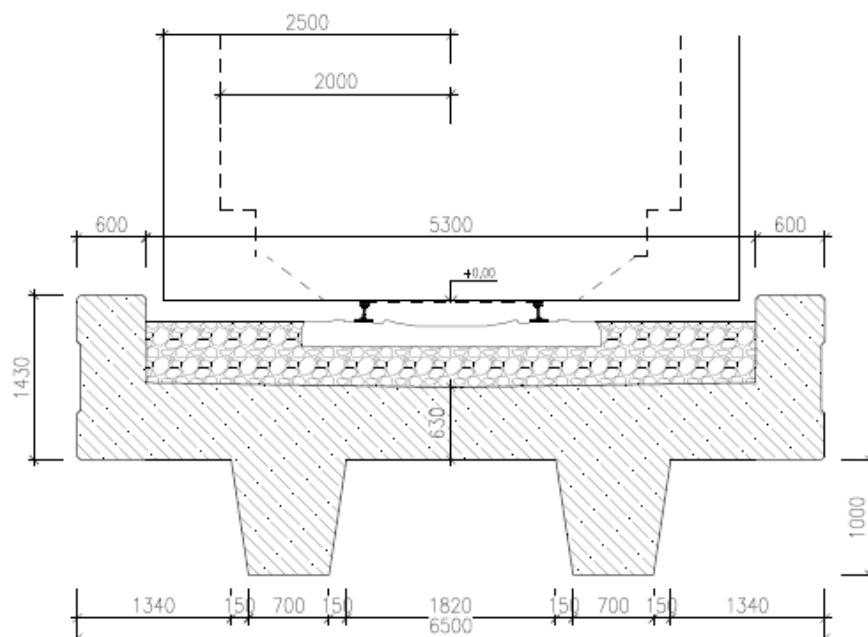
Pozdĺžny rez 1. Variantu

## 2.2 Variant 2

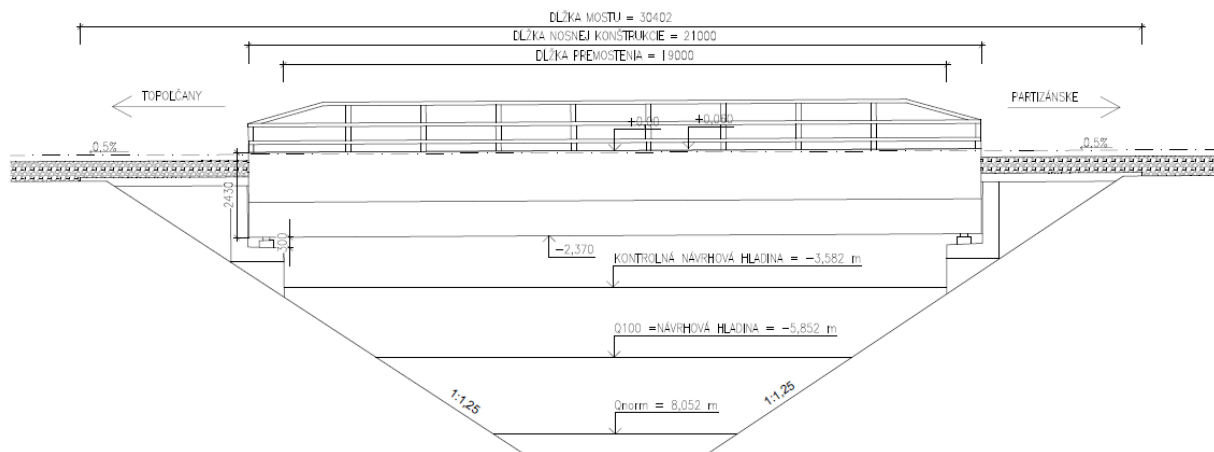
Druhým variantom je betónový dojtrám o jednom poli s hornou mostovkou. Trámy majú premenlivú šírku po výške od 0,7m na spodnom líci trámu až po 1,0m pri hornom líci trámu a síce na kontakte trámu s doskou. Osová vzdialenosť trávov je 2,82m a sú dodatočne predopnuté.

Dĺžka nosnej konštrukcie je 21,0m a dĺžka premostenia je 19,0m. Hrúbka dosky je 0,43m.

Výkres tohto variantu je v prílohe P1 – PODKLADY A VARIANTY – P1-2  
VARIANT 2



Priečny rez v 1/2 L



*Pozdĺžny rez 2. Variantu*

## 2.3 Výber variantu

Ako výsledný variant bola zvolená jednopolová dvojtramová parapetná doska. Pred druhým variantom ako finálne riešenie rozhodli estetické dôvody. Premennivý prierez hlavných nosníkov zapadá do krajiny a nepôsobí rušivým dojmom.

## 3 Materiál

### 3.1 Betón

Na konštrukciu je použitý betón C30/37 pre triedu prostredia XD1.

### 3.2 Betonárska výstuž

Na konštrukcii je použitá betonárska výstuž B500B pre stupeň vplyvu prostredia XD1. Boli použité  $\varnothing$  8, 10, 12, 14, 16, 18 a 32mm. V konštrukcii je použité 8357,1kg betonárskej výstuže.

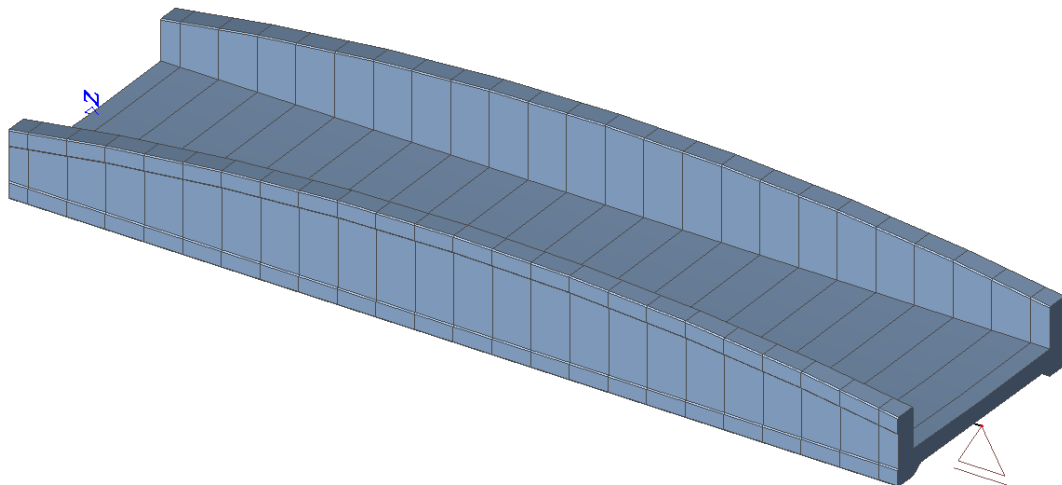
### 3.3 Predpínacia výstuž

V konštrukcii bola použitá predpínacia výstuž Y1860S7-15,7-A kde je každé lano tvorené siedmymi drôtmi a kabelový kanálik Plyduct od firmy Freyssinet.

Dĺžka a počet predpínacích výstuží v konštrukcii je 28 lán o dĺžke 24,163m, 14 lán o dĺžke 24,171m, 14 lán o dĺžke 24,183m a 14 lán o dĺžke 24,2m. Celková dĺžka lán je 1692,32m o hmotnosti 1996,94kg. Menovitá hmotnosť podľa normy prEN 10138-3 pre laná 1860-15,7 je 1,18 kg/m.

## 4 Prutový model

Prutový model bol využitý pre návrh a posúdenie hlavných nosníkov v pozdĺžnom smere. Prutový model bol zostavený z 24 rozdielnych prierezov a využitia funkcie nábeh v programe Scia Engineer 2016 16.1 pre čo najefektívnejšie vystihnúť parabolického zvyšovania výšky hlavných nosníkov. V tomto modeli boli v programe Scia Engineer 2016 16.1 namodelované predpínacie káble, odkiaľ boli získané krátkodobé straty trením, pokluzom, krátkodobou a dlhodobou relaxáciou.



### 4.1 Zaťaženie

Pre prutový model boli zostavené nasledujúce zaťažovacie stavy.

#### 4.1.1 ZS1 – Vlastná tiaž

Vlastná tiaž bola vypočítaná automaticky pro Scia Engineer podľa použitých prierezov a materiálových charakteristík.

#### 4.1.2 ZS2 – Ostatné stále

Pre ostatné stále zaťaženie boli uvažované ostatné prvky mostu ako betónové pražce, koľajnice a upevňovadlá, koľajové lože, drobné koľajivo a izolácia, ktorých vlastná tiaž bola prepočítaná na spojitú zaťaženie

$$g_{1k} = 53,99 \text{ kN/m}$$

#### 4.1.3 ZS3 – Zaťaženie dopravou

Pre výpočet premenného zaťaženia bol využitý load model 71 pre normálnu železničnú dopravu.

Všetky zaťaženia sú umiestnené pre vyvodenie maximálneho ohybového momentu, prípadne posúvajúcej sily. Podrobnejšie je zaťaženie popísané v prílohe P2 – STATICKÝ VÝPOČET.

Výsledné momenty z prutového modelu:

Rez	$M_{ed,g0k}$	$M_{ed,g1k}$	$M_{ed,qk}$
x/2	8600.33 kNm	3570.09 kNm	9354.75 kNm

## 4.2 Kombinácie

Pre dimenzáciu boli uvažované kombinácie pre medzný stav použiteľnosti (SLS) a medzný stav únosnosti (ULS)

Kombinačné súčinitele pre medzný stav použiteľnosti:

$$\psi_0 = 1$$

$$\psi_1 = 0,8$$

$$\psi_2 = 0$$

Charakteristická kombinácia:  $M_{ek,\psi_0} = M_{g0k} + M_{g1k} + \psi_0 \cdot M_{qk}$

Častá kombinácia:  $M_{ek,\psi_1} = M_{g0k} + M_{g1k} + \psi_1 \cdot M_{qk}$

Kvazistála kombinácia:  $M_{ek,\psi_2} = M_{g0k} + M_{g1k} + \psi_2 \cdot M_{qk}$

Rez	Charakteristická	Častá	Kvazistála
x/2	21525.17 kNm	19654.22 kNm	12170.42 kNm

## KOMBINÁCIE PRE MEDZNÝ STAV ÚNOSNOSTI (ULS)

Kombinačné súčinitele pre medzný stav únosnosti:

6.10a

$$M_{ed} = \gamma_{Gj,sup} \cdot (M_{g0k} + M_{g1k}) + \gamma_Q \cdot (\psi_{1,sw/2} \cdot M_{qk})$$

$$M_{ed} = 1,35 \cdot (M_{g0k} + M_{g1k}) + 1,2 \cdot (0,8 \cdot M_{qk})$$

$$M_{ed} = 1,35 \cdot (8600,33 + 3570,09) + 1,2 \cdot (0,8 \cdot 9354,75)$$

$$M_{ed} = 25410,64 \text{ kNm}$$

6.10b

$$M_{ed} = \xi \cdot \gamma_{Gj,sup} \cdot (M_{g0k} + M_{g1k}) + \gamma_Q \cdot (M_{qk})$$

$$M_{ed} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot (M_{g0k} + M_{g1k}) + 1,2 \cdot (M_{qk})$$

$$M_{ed} = 0,85 \cdot 1,35 \cdot (8600,33 + 3570,09) + 1,2 \cdot (9354,75)$$

$$M_{ed} = 25191,26 \text{ kNm}$$

### 4.3 Posúdenie hlavného nosníku

Hlavný nosník bol posúdený ako dodatočne predpínaný. Návrh predpätia bol stanovený z podmienok napätia kde boli rozhodujúce podmienky v čase  $t_0$  pre ťahané horné vlákna a v čase  $t_\infty$  pre ťahané ťahané dolné vlákna pre častú kombináciu.

Z výrazu  $n = A_{p,req} / A_{p1}$  bol stanovený minimálny počet lán (51 lán)

a následne finálny počet lán – 70 lán na celý prierez a teda 5 káblov po 7 lán na polovicu prierezu. Celková predpínacia sila je 13 608 kN (6804 na polovicu prierezu).



*detailné usporiadanie lán, zdroj: <http://www.freyssinet.cz>*

Trasovanie káblov bolo navrhnuté ako parabolické, ťažisko káblov a výslednica účinkov od predpätia leží v jadre prierezu.

### 4.4 Zmeny predpätia

Doba ošetrovania betónu	7 dní
Predopnutie konštrukcie	28 dní
Zaťaženie svrškom	196 dní
Zaťaženie dopravou	270 dní
Životnosť konštrukcie	36500 dní (100 rokov)

#### 4.4.1 Krátkodobé straty

Krátkodobé straty boli vyhodnotené programom Scia Engineer s výnimkou straty postupným napínaním ktorá bola prepočítaná ručne. Bol zvolený typ napínania 3, pokluz v kotve je uvažovaný 6mm, súčiniteľ trenia v kanáliku je uvažovaný 0,19, nezamýšľaná zmena smeru je uvažovaná 0,007 a podržanie napätia v predpínacej výstuži je uvažované 5min (300s)



KÁBEL	POKLUZ [m]	TRENIE [MPa]	POKLUZ [MPa]	RELAXÁCIA [MPa]	$\sigma_{p,0}$ [MPa]
1,2	21.719	28.52	50.73	4.25	1356.5
3	19.866	34.37	48.49	4.02	1353.12
4	18.053	40.18	47.28	3.81	1348.73
5	17.071	45.95	44.35	3.61	1346.09
Priemer	-	35.51	48.32	3.99	1352.19

$\sigma_{p,ep(t_0)} = 6,41 \text{ Mpa}$  - strata postupným napínaním.

Výsledné krátkodobé straty vyšli 6,41% v polovici rozpätia mostu a sú menšie ako odhadovaná hodnota 10%. Predpínacia sila po krátkodobých stratách je 7065,29 kN na polovicu prierezu.

Detailný výstup krátkodobých strát je uvedený v prílohe P4 – Krátkodobé straty.

#### 4.4.2 Dlhodobé straty

Dlhodobé straty boli počítané ručne v polovici rozpätia mostu. Detailný výpočet viz. P2 – STATICKÝ VÝPOČET.

KOMBINÁCIA	NAPĚTIE [Mpa]	PREDPÍNACIA SILA [kN]	STRATA [%]
Charakteristická	1259.80	6613.95	6.39
Častá	1257.44	6601.56	6.56
Kvazistála	1248.00	6552.00	7.26

### 4.5 Medzný stav použiteľnosti

#### 4.5.1 Obmedzenie napätia v betóne

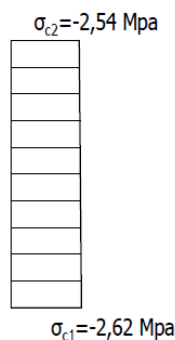
ČAS  $t_0$  – VLASTNÁ TIAŽ

$$\sigma_{c2} = -2,54 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = -2,62 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$



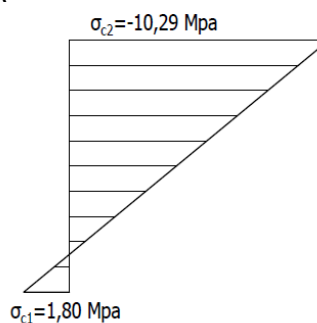
ČAS  $t_\infty$  - CHARAKTERISTICKÁ KOMBINÁCIA

$$\sigma_{c2} = -10,29 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 1,80 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$



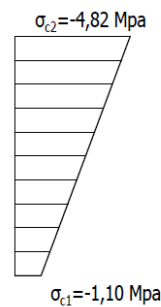
#### ČAS $t^\infty$ - KVAZISTÁLA KOMBINÁCIA

$$\sigma_{c2} = -4,82 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = -1,10 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} \leq 0,45 \cdot f_{ck} = 13,5 \text{ MPa}$$



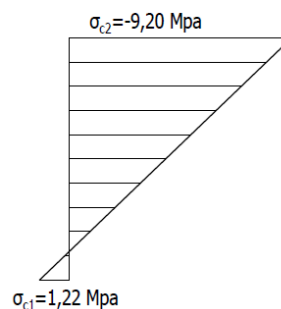
#### ČAS $t^\infty$ - ČASTÁ KOMBINÁCIA

$$\sigma_{c2} = -9,20 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} = 1,22 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c2} \leq 0,6 \cdot f_{ck} = 18 \text{ MPa}$$

$$\sigma_{c1} \leq f_{ctm} = 2,9 \text{ MPa}$$



### 4.6 Medzný stav únosnosti

V medznom stave únosnosti bol posudzovaný hlavný nosník na ohybovú únosnosť, šmykovú únosnosť a kotevnú oblasť.

Konštrukcia vyhovela na ohybovú únosnosť a preto nie je potrebné navrhovať betonársku výstuž.

Šmyková únosnosť je zabezpečená šmykovou výstužou  $\emptyset 10$  a  $12$  po  $200\text{mm}$  a majú rozdielne rozmery z dôvodu premenlivého horného lícu hlavného nosníku po dĺžke nosníku. Podrobné rozmery viz. P3 - VÝKRESOVÁ DOKUMENTÁCIA – Výkres betonárskej výstuže – trám. Šmyková únosnosť viz P2 – STATICKÝ VÝPOČET.

Šmyková únosnosť bola posudzovaná v nasledujúcich rezoch:

$$X1 = 1,000\text{m}$$

$$X2 = 3,625\text{m}$$

$$X3 = 6,250\text{m}$$

$$X4 = 8,875\text{m}$$

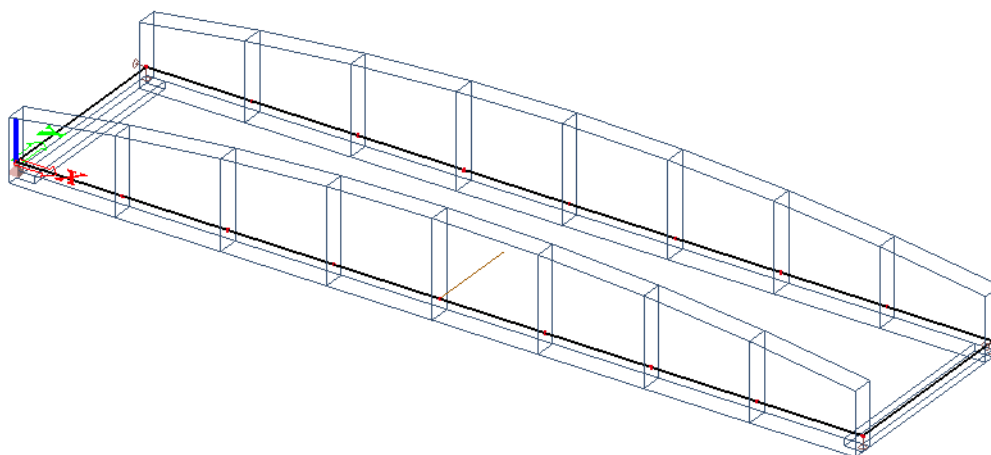
Kotevná oblasť bola v lokálnej oblasti vystužená špirálou o priemere 14mm, globálna oblasť 4 prútmi o priemere 14mm po 130 mm v pozdĺžnom a priečnom smere. Čelo kotevnej oblasti je vystužené piatimi prútmi o priemere 16mm.

Únosnosť tlačenej oblasti pod kotvou zaručuje výrobca kotiev.

## 5 2D model

2D model bol namodelovaný za účelom získania síl na doskovej mostovke pre dimenzáciu danej dosky v priečnom a pozdĺžnom smere. Zároveň na ňom bol namodelovaný nadpodporový priečny nosník.

2D model bol modelovaný v programe Scia engineer ako izotropná doska hrúbky 430mm a hlavné nosníky ako prúty na excentricite s využitím funkcie nábehu. Nebolo možné využiť funkciu "žebro" pretože program ponúka systémovú osu v strede, na hornom alebo dolnom líci prvku a nie je mu možné zadať excentricitu. Spodný líc hlavného nosníku má excentricitu 200mm od spodného lícu dosky.



podoprenie 2D modelu je riešené jednou klbovou podporou, jednou podporou tuhou v smere x a z, ďalšou podporou tuhou v smere y a z a poslednou podporou tuhou v smere z.

## 5.1 Zaťaženie

### 5.1.1 ZS1 – vlastná tiaž

Vlastná tiaž bola zistená pomocou výpočtového programu Scia Engineer 2016 16.1.

### 5.1.2 ZS2 – ostatné stále

Kolejové lože  $A = 2,33 \text{ m}^2$   $g_k = 2,33 \cdot 20 = 46,6 \text{ kN/m}$

Betónové pražce B91 S/1  $g_k = 3,04/0,6 = 5,07 \text{ kN/m}$

Kolejnice a upevňovadla  $g_k = 1,8 \text{ kN/m}$

Drobné kolejivo  $g_k = 0,3 \text{ kN/m}$

Izolace  $g_k = 0,01 \cdot 22 = 0,22 \text{ kN/m}$

$$g_{1k} = \frac{46,6 + 5,07 + 1,8 + 0,3 + 0,22}{5,7} = 9,47 \text{ kN/m}^2$$

Model bol zaťažený plošným zaťažením  $g_{1k}$ . Hodnota maximálneho momentu bola zistená výpočtovým programom Scia Engineer 2016 16.1.

### 5.1.3 ZS3 – Zaťaženie dopravou

Výpočet je prevedený pre trať 1. triedy s rýchlosťou do 120 km/h so štandardne udržívanou koľajou. Konštrukcia je zaťažená load modelom 71 s excentricitou.

$$\text{excentricita: } \frac{r}{18} = \frac{1435}{18} = 0,08 \text{ m.}$$

$$Q_{vk} = 250 \text{ kN}$$

$$q_{vk} = 80 \text{ kN}$$

súčiniteľ  $\alpha = 1,21$  (pre trate 1. a 2. triedy)

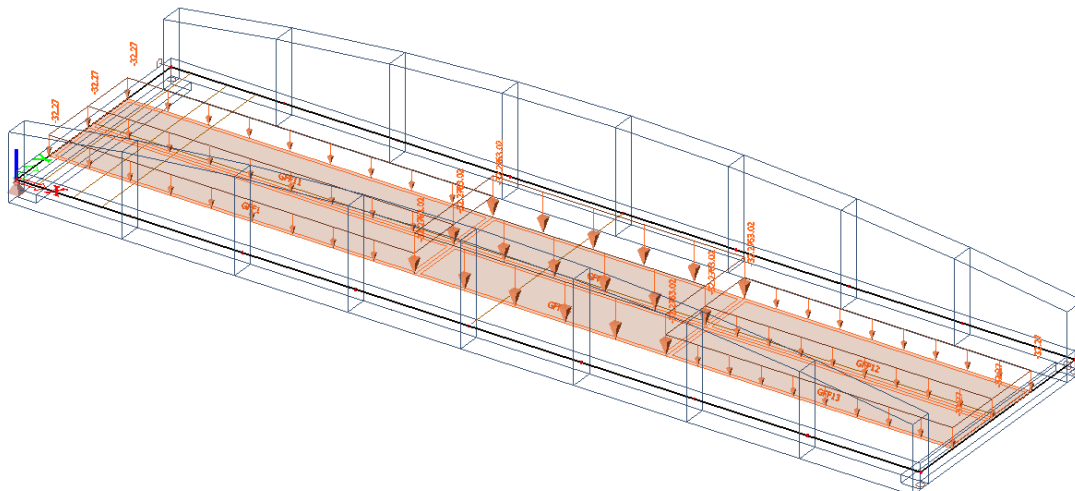
$$Q_{vk} = Q_{vk} \cdot \alpha = 250 \cdot 1,21 = 302,5 \text{ kN}$$

$$q_{vk1} = \frac{Q_{vk}}{1,6} = \frac{302,5}{1,6} = 189,0625 \text{ kN/m}$$

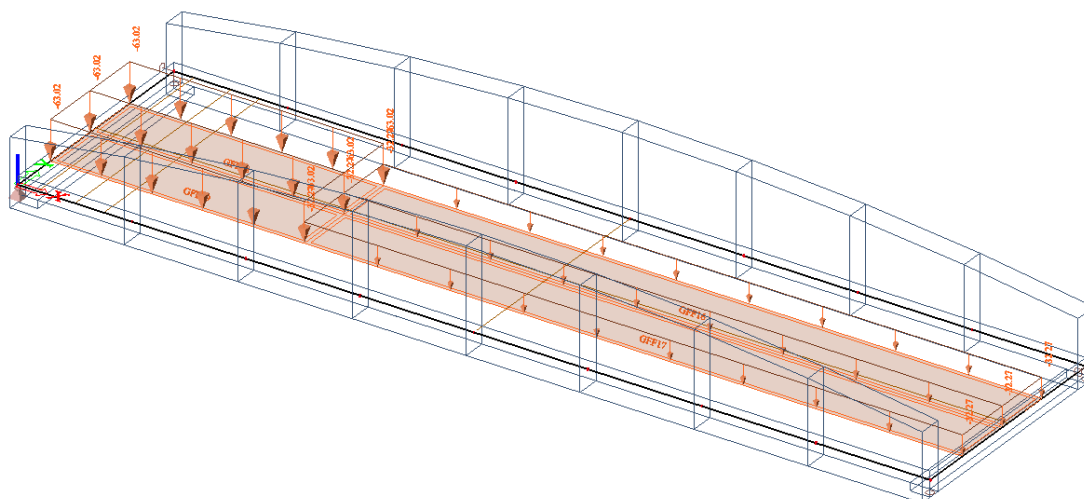
$$q_{vk2} = q_{vk} \cdot \alpha = 80 \cdot 1,21 = 96,8 \text{ kN/m}$$

$$q_{k1} = \frac{189,0625}{3} = 63,021 \text{ kN/m}^2$$

$$q_{k2} = \frac{96,8}{3} = 32,267 \text{ kN/m}^2$$



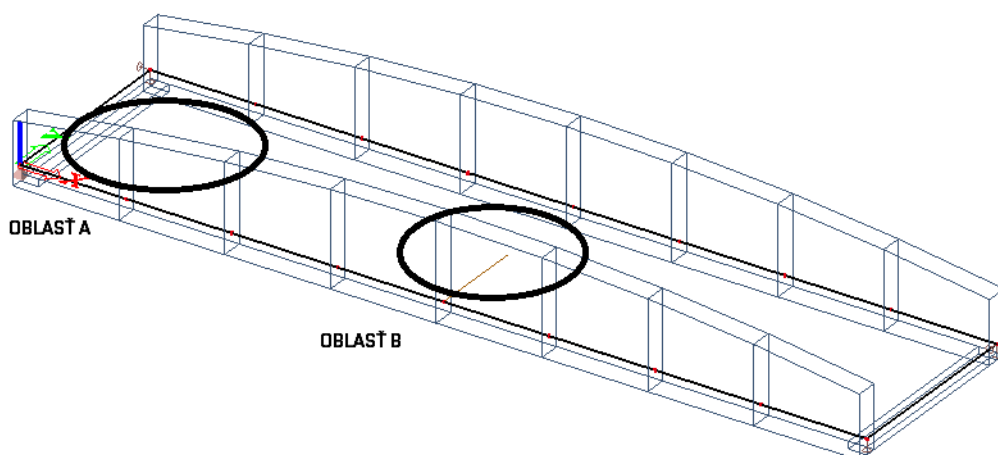
### Zaťaženie dopravou pre vyvodenie maximálneho ohybového momentu



*Zaťaženie dopravou pre vyvodenie maximálnej posúvajúcej sily*

## 5.2 Dosková mostovka

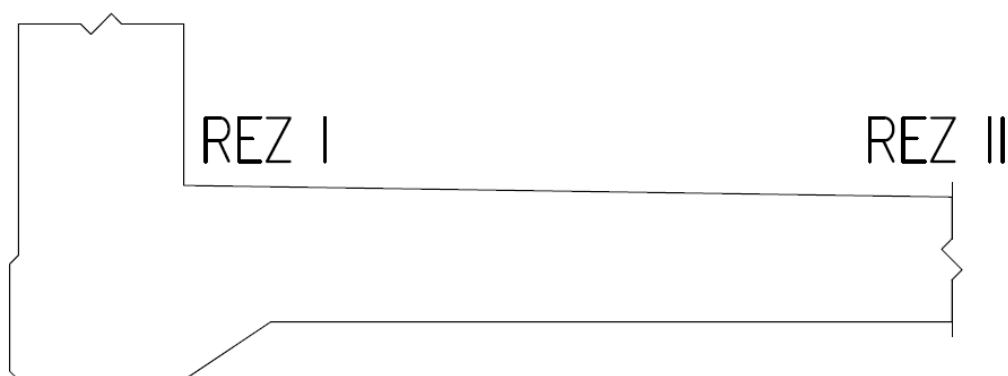
Dosková mostovka hrúbky 430mm je križom vystužená kde hlavný nosný smer je priečny. Doska je rozdelená na dve oblasti A a B z dôvodu ušetrenia ohybovej výstuže. Oblasť A je u nadpodporového, nosníku kde vzniká menší ohybový moment ako v oblasti B ktorá sa nachádza v polovici rozpätia mostu.



V priečnom smere je doska vystužená v priečnom smere ohybovou výstužou  $\varnothing 18$  po 150mm na spodných vláknach a  $\varnothing 10$  po 150 mm na horných vláknach v oblasti A a  $\varnothing 18$  po 130mm na spodných vláknach a  $\varnothing 10$  po 130 mm na horných vláknach v oblasti B. Šmykovou výstužou sú spony priemeru 8mm. v pozdĺžnom smere je doska vystužená výstužou o priemere 16mm po 200mm na spodných vláknach pridaná o výstuž 12mm po 200mm v oblasti A. Podrobné rozloženie výstuže viz. P3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTÁCIA – Výkres betonárskej výstuže – trám.

### 5.2.1 Medzný stav únosnosti

Doska bola v priečnom smere posudzovaná na ohybovú únosnosť a šmykovú únosnosť. V pozdĺžnom smere bola posudzovaná na ohybovú únosnosť a šmykovú únosnosť.



Priečna ohybová únosnosť  
Oblasť A, rez I (spodné vlákna)

$$M_{rd} = 241,863 \text{ kNm} \geq M_{ed} = 208,62 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Oblasť A, rez II horné vlákna)

$$M_{rd} = 80,422 \text{ kNm} > M_{ed} = 46,63 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Oblasť B, rez I (spodné vlákna)

$$M_{rd} = 275,68 \text{ kNm} > M_{ed} = 267,62 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Oblasť B, rez I (horné vlákna)

$$M_{rd} = 92,700 \text{ kNm} > M_{ed} = 32,20 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť šmykovej výstuže

$$V_{Rd,s} = 475,250 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 191,97 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Pozdĺžna ohybová únosnosť  
Oblasť B, rez I (spodné vlákna)

$$M_{rd} = 147,127 \text{ kNm} \geq M_{ed} = 124,60 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Oblasť A, rez II (horné vlákna)

$$M_{rd} = 86,223 \text{ kNm} \geq M_{ed} = 50,68 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť šmykovej výstuže

$$V_{Rd,s} = 958,860 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 676,15 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Podrobný výpočet viz. P2 – STATICKÝ VÝPOČET.

### 5.3 Krajný priečny nosník

Krajný priečny nosník je vystužený ohybovou výstužou o priemere 32mm zvolenou tak, aby nedochádzalo ku kolízii s predpínacou výstužou a výstužou čela kotevnej oblasti hlavného nosníku. Šmykovú výstuž tvoria 6-stružné strmienky priemeru 10mm po vzdialenosti 140mm.

#### 5.3.1 Medzný stav únosnosti

Krajný priečny nosník bol posudzovaný na ohybovú únosnosť a šmykovú únosnosť.

Ohybová únosnosť

$$M_{rd} = 1155,37 \text{ kNm} \geq M_{ed} = 1064,8 \text{ kNm} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Únosnosť šmykovej výstuže

$$V_{Rd,s} = 1239,09 \text{ kN} \geq V_{Ed} = 779,10 \text{ kN} \rightarrow \text{VYHOVUJE}$$

Podrobný výpočet viz. P2 – STATICKÝ VÝPOČET.



## 6 Záver

Úlohou tejto práce bol návrh a statické posúdenie mostu o jednom poli cez miestny potok. Boli vypracované dva varianty z ktorých bol vyhodnotený ako lepší variant 1, dvojtrámový most, kde sú trámy umiestnené na okrajoch dosky a tým tvoria parapet. Statické posúdenie hlavných nosníkov bolo prevedené na prutovom modeli. K výpočtu vnútorných síl bol použitý program Scia Engineer 2016 16.1. Z podmienok vyrovnania napätia bola vypočítaná minimálna predpínacia sila a k tomu odpovedajúca navrhnutá sila (13608 kN - 70 lán).

Pomocou programu Scia Engineer boli vypočítané krátkodobé straty s výnimkou straty postupným napínaním ktorá bola rovnako ako dlhodobé straty vypočítaná ručne.

V medznom stave použiteľnosti konštrukcia vyhovela na obmedzenia napätia v betóne aj na obmedzenie trhlinami. Z toho vyplýva, že bol ideálne zvolený počet lán a výšky hlavných nosníkov.

Konštrukcia vyhovela na ohybovú únosnosť len za pomoci predpínacej výstuže a preto nebolo potrebné navrhovať dodatočnú betonársku výstuž. Čo sa týka šmykovej únosnosti, bola na konštrukcii navrhnutá šmyková výstuž. Návrh vystuženia kotevnej oblasti bol prevedený podľa doporučenia výrobcom a ČSN EN 1992-2.

Pre posúdenie dosky mostu bol namodelovaný v programe Scia Engineer 2D model vďaka ktorému bol doska posúdená na medzný stav únosnosti. Prílohou práce je v programe AutoCAD vypracovaná výkresová dokumentácia obsahujúca dispozičné výkresy mostu, výkres predpínacej výstuže a výkresy betonárskej výstuže trámu ako aj dosky. Pomocou programov SketchUp a Lumion3D bola vytvorená vizualizácia mostnej konštrukcie.

## 7 Zoznam použitých zdrojov

[1] NEČAS, KOLÁČEK, PANÁČEK. Betonové Mosty I: Zásady navrhování. Brno 2014, 240 s, ISBN 978-80-214-4979-4

[2] ČSN EN 1992-1-1: Eurokód 2: Navrhování betonových konstrukcí - Část 1-1: Obecná pravidla a pravidla pro pozemní stavby

[3] ČSN EN 1992-2. Zatížení konstrukcí – Část 2: Zatížení mostů dopravou. Praha: Český normalizační institut, 2005

[4] ZICH, Miloš a kolektiv. Příklady posouzení betonových prvků dle eurokódů. Praha: Dashöfer, 2010, 145 s. ISBN 978-80-86897-38-7

[5] [http://www.fce.vutbr.cz/BZK/kolacek.j/\\_podklady/BL11\\_podklad\\_02.pdf](http://www.fce.vutbr.cz/BZK/kolacek.j/_podklady/BL11_podklad_02.pdf)

[5] [http://www.freyssinet.cz/gallery/predpinaci\\_system\\_freyssinet.pdf](http://www.freyssinet.cz/gallery/predpinaci_system_freyssinet.pdf)

## 8 Zoznam príloh

### P1 – PODKLADY A VARIANTY

P1-1 VARIANT 1

P1-2 VARIANT 2

P1-3 PODKLADY

### P2 – STATICKÝ VÝPOČET

### P3 – VÝKRESOVÁ DOKUMENTÁCIA

Pozdĺžny rez A-A

Priečne rezy B-B a C-C

Priečne rezy D-D a E-E

Situácia

Výkres predpínacej výstuže

Výkres betonárskej výstuže – doska

Výkres betonárskej výstuže – tram

### P4 – KRÁTKODOBÉ STRATY

### P5 - VIZUALIZÁCIA